

УДК 629.113

## СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ СУММАРНОГО ЛЮФТА РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Храмцов Д.А.

руководители к.т.н., доцент Блянкинштейн И.М., к.т.н., доцент Иванов В.И.

*Сибирский федеральный университет*

Техническое состояние рулевого управления непосредственно влияет на управляемость и курсовую устойчивость автотранспортных средств, поэтому его оценка включена в перечень параметров безопасности, контролируемых при ежегодном техническом осмотре. Согласно ГОСТ Р 51709-2001 техническое состояние рулевого управления оценивается по величине суммарного люфта рулевого колеса, т.е. угла, в пределах которого рулевое колесо поворачивается без поворота передних управляемых колес автомобиля. Суммарный люфт в рулевом управлении не должен превышать предельных значений, установленных изготовителем в эксплуатационной документации, или при отсутствии данных, установленных изготовителем, следующих предельных значений:

- легковые автомобили     $10^{\circ}$
- автобусы                     $20^{\circ}$
- грузовые автомобили     $25^{\circ}$

Для измерения величины суммарного люфта используются, специальные приборы – люфтомеры. На данный момент различие большинства существующих конструкций приборов заключается в методах измерений и измерительных системах, с помощью которых определяется положение колес автомобиля. Современные устройства делятся на статические и динамические. В статических устройствах для определения суммарного люфта используют механический метод измерений (люфтомер К-524), электрооптический (люфтомер ИСЛ-М), комбинированный (люфтомер-динамометр ЛД-101), электронный (люфтомер ИСЛ-401).

К приборам, используемым при проведении государственного технического осмотра транспортных средств относится люфтомер ИСЛ-М (ИСЛМ, ИСЛ М). Принцип действия, которого основан на измерении угла поворота рулевого колеса АТС посредством преобразования импульсного сигнала оптико-механического датчика угла поворота в интервале срабатываний датчика движения управляемых колес при выборе люфта рулевого управления в обоих направлениях вращения руля.

Недостатками данного люфтомера, являются относительно большой вес, габаритные размеры, наличие контактных датчиков поворота управляемого колеса, снижающих надежность и увеличивающих погрешность измерения.

Разработан принципиально новый способ измерения люфта рулевого управления, основанный на элементах технического зрения [1].

Способ реализуется следующим образом. Величину суммарного люфта определяют по углу поворота рулевого колеса с помощью обработки видео-поток (последовательностей кадров, изображений), поступающих с двух синхронизированных веб-камер. Для этого вебкамеру 1 устанавливают на рулевом колесе (руле автомобиля) таким образом, чтобы ее оптическая ось совпадала с осью поворота рулевого колеса, а объектив был направлен в салон (кабину) автомобиля и захватывал в сцену кадра характерные рельефные фрагменты салона (граница стекла заднего вида, боковина или край водительского сиденья и пр.). Вебкамеру 2 закрепляют на диске дальнего (от рулевой колонки) управляемого колеса таким образом, чтобы ее оптическая ось была па-

параллельна или перпендикулярна оси вращения колеса и к тому же горизонтальна, а в ее объектив (в сцену кадра) захватывались рельефные предметы, неподвижно зафиксированные на посту диагностики. Изображения с вебкамер синхронизировано поступают в компьютер. По команде «Старт» с компьютера оператор начинает медленно поворачивать рулевое колесо в одну сторону (влево) до момента начала движения управляемого колеса. В момент начала движения управляемого колеса влево, который определяется по началу изменения изображения с вебкамеры 2, запоминается порядковый номер кадра «N<sub>1</sub>» с вебкамеры 1. Далее подается команда оператору, который начинает медленно поворачивать рулевое колесо в противоположную сторону (вправо) и поворачивает его до начала движения управляемого колеса вправо, что определяется по началу изменения изображения с вебкамеры 2, при этом запоминается порядковый номер кадра «N<sub>2</sub>» с вебкамеры 1. Вычисление угла (суммарного люфта в рулевом управлении) осуществляют по углу поворота изображения с вебкамеры 1 на кадре «N<sub>2</sub>» относительно кадра «N<sub>1</sub>». Весь процесс анализа видео потоков изображений с вебкамер и вычисления угла (суммарного люфта в рулевом управлении) осуществляется в автоматизированном режиме в реальном времени, с применением специальной программы, установленной в ПК или «защитой» в электронном блоке. Результат вычисления угла (суммарного люфта) выдается на монитор ПК или на цифровой индикатор электронного блока.

Предлагаемый Способ определения суммарного люфта в рулевом управлении основывается на элементах аналитической геометрии и цифровой обработки изображений. На изображении с вебкамеры 1, установленной на рулевом колесе, выбираются две характерные точки А и В. Точки выбираются, например, методом подсвечивания объекта изображения (фона в фокусе вебкамеры 1) неподвижными точечными источниками, например, лазерами разного цвета. Далее, при медленном поворачивании рулевого колеса влево и, следовательно, поворачивании изображения на некоторый угол, на видеоряде с вебкамеры 1 выбирается кадр N<sub>1</sub>, синхронизированный с кадром вебкамеры 2 и соответствующим началу поворота управляемого колеса, что определяется по изменению изображения с вебкамеры 2. На этом кадре N<sub>1</sub> определяются координаты выбранных точек A{X<sub>1</sub>,Y<sub>1</sub>} и B{X<sub>2</sub>,Y<sub>2</sub>} относительно границ кадра (матрицы). Координаты определяют с использованием монохромного, соответствующего цвету лазера, фильтрация этого изображения. Выбор точек «А», «В» и определение их координат также может осуществляться и другими способами, например, с использованием пакетов программ, реализующих элементы теории распознавания образов. Например, на Фиг.4 показан вид с вебкамеры 1 на водительское сиденье, а на Фиг.5 показан вариант представления рельефного контура этого водительского сиденья в виде прямоугольника, на сторонах или пересечениях сторон которого могут быть выбраны точки А и В. Далее через выбранные точки А и В мысленно проводится линия и составляется уравнение прямой в координатной форме:

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \quad (1)$$

где  $\{x_1, y_1\}$  – координаты точки А;  $\{x_2, y_2\}$  – координаты точки В;

Угловой коэффициент  $k_1$  прямой, проходящей через две точки, определяется по формуле:

$$k_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (2)$$

Далее, при медленном поворачивании рулевого колеса в другую сторону (вправо) и, следовательно, изображения на некоторый угол, на видеоряде с вебкамеры 1 выбирается кадр  $N_2$ , синхронизированный с кадром вебкамеры 2 и соответствующим началу поворота управляемого колеса вправо (что определяется по изменению изображения с вебкамеры 2). На этом кадре  $N_2$  определяются новые координаты ранее выбранных точек  $A'\{X_3, Y_3\}$  и  $B'\{X_4, Y_4\}$ . Через эти точки также мысленно проводим линию, составляем уравнение прямой в координатной форме и определяем для нее угловой коэффициент  $k_2$  прямой, проходящей через две точки

$$k_2 = \frac{y_4 - y_3}{x_4 - x_3} \quad (3)$$

Вычисление суммарного люфта сводится к вычислению угла между двумя прямыми. Правомерность изложенного объясняется следующим. На изображении берутся две точки, которые двигаются по окружности. Через две точки проводится прямая линия, которая вращается вокруг точки (центра поворота), координаты которой нам не обязательно вычислять. Угол между этими двумя прямыми и будет искомым углом. Таким образом, требуется вычислить координаты точек на изображениях, совпадающих с номерами кадров, зафиксировавших моменты начала движения управляемого колеса в одну сторону (вправо) и в другую сторону (влево).

Угол между двумя прямыми АВ и А' В' называется углом, на который надо повернуть первую прямую АВ, вокруг точки пересечения этих прямых против часовой стрелки, до совпадения ее со второй прямой А'В'. Так как, две прямые заданы уравнениями с угловыми коэффициентами, то угол между прямыми определяется по следующей формуле:

$$\varphi = \arctg \frac{k_2 - k_1}{1 + k_1 k_2}, \quad (4)$$

Наши точки будут находиться в первой и второй координатных четвертях, поэтому следует учитывать знак тангенса.

Преимуществами предлагаемого способа измерения суммарного люфта в рулевом управлении является то, что оба используемых датчика – и угла поворота рулевого колеса, и начала поворота управляемого колеса – бесконтактные (вебкамеры), что обеспечивает удобство, надежность и оперативность измерения. Кроме того, использован такой алгоритм вычисления угла, при котором точность установки вебкамер на рулевом колесе и на управляемом колесе не оказывает большого влияния на процесс измерения, вследствие чего повышается точность измерения. Реперы (нулевые положения, или точки отсчета) при измерении угла поворота рулевого колеса и момента начала поворота управляемых колес по сути являются виртуальными (мнимыми), т.к. физически они отсутствуют, а в качестве них используются координаты точек на выбранных изображениях с синхронизированных кадров двух видеорядов, что и обуславливает простоту и эффективность применяемой для измерения элементной базы.

### *Список литературы*

1. Решение от 27.02.2012 о выдаче **Патента РФ**. Способ измерения суммарного люфта рулевого управления автотранспортного средства / И.М. Блянкинштейн, В.И. Иванов, С.А. Храмцов, Д.А. Храмцов; заявитель и патентообладатель Сиб. федер. ун-т. – №2011111975/11(017644); заявл. 29.03.2011.